

交直流混合微电网中储能技术研究

吉达

(上海联之盛新能源科技有限公司 上海市 200000)

摘要: 储能技术在交直流混合微电网中发挥了重要的作用,因为在直流混合微电网中兼容太阳能、风能等多种能源形式,在运行中能源会存在一定的间歇性以及波动性。通过应用储能技术,可以平衡能源供需匹配,电网综合质量得以提升,系统稳定性、可靠性得以提升。当下蓄电池、超级电容器、飞轮等储能技术成为主流,其中蓄电池可以应用于家庭应急电源、UPS系统,超级电容器适合高山气象台、边防哨所等环境相对严苛的电源供应场合,而飞轮储能主要应用于电能质量控制和不间断电源、电力系统调频、航天卫星中的姿态控制和储能等领域有着广泛应用。每种储能技术特征、性能、使用场景都有一定差异,通过全面分析,对提高交直流混合微电网的功率平衡、频率调节效率有着重要意义。

关键词: 交直流混合微电网; 储能技术; 混合储能

引言: 传统电力系统主要依赖煤、天然气等不可再生资源,随着社会的发展,这些资源已经濒临枯竭,直接造成电力系统运行不稳定和安全性问题。在此背景之下,引入交直流混合微电网,实现了分布式能源的应用,降低了对传统大型集中式发电厂的依赖,根据实际负荷需求以及能源供给情况,对运行方式进行调整,整个系统运行稳定性也得到提升。为了保障交直流混合微电网稳定运行水平,就非常有必要引入储能技能,实现了平滑功率波动、调节频率和电压、储存可再生能源、降低设备磨损都能功能,提高了整个系统的灵活性以及经济性。

一、交直流混合微电网的系统结构及其优势

(一) 交直流混合微电网的系统结构

交直流混合微电网由交流子网、直流子网以及连接两侧子网的互联变流器组成,兼顾了交流微电网和直流微电网的优点,同时适应更多种类的分布式电源和负荷,使其能够灵活接入系统,减少电能变换环节,提高微电网供电可靠性以及经济性。在该系统中,dAC可作为并网逆变器,将交流分布式电源接入直流子网,或是将直流分布式电源接入交流子网,充当分布式电源的能量接口。也可作为互联变流器,负责连接交流子网和直流子网,协调交直流子网之间的功率传输。同时,dAC平台会与上位机连接,接收控制策略部署以及传输实验数据^[1]。将分布式二次控制方法部署到dAC平台,解决交直流混合微电网电压与频率的支撑和恢复问题,实现全网分布式电源的功率均分。同时希望该方法在负荷波动、通信失效等特殊情况下仍可行且有效,满足分布式电源即插即用功能,提高交直流混合微电网系统鲁棒性和供电可靠性,如图1所示。

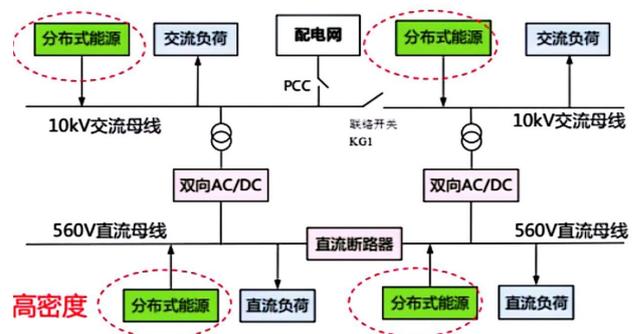


图1 交直流混合微电网的系统结构

(二) 交直流混合微电网结构互联变流器作用

交直流混合微电网中,各个部分中存在直流、交流电混合传输以及互联情况,而互联变流器就发挥了关键作用,主要功能就是把直流和交流系统连接起来,从而保障系统中能量的双向转换,使系统达到平衡。互联变流器主要作用包括以下几个方面:

第一,能量转换,通过互联变流器,通过能量转换,保证系统之间互相供电,补偿能量缺失。第二,频率与电压调节功能,互联变流器可以调节、优化微电网内部的电力质量,使微电网系统实现了稳定的电能传输。第三,互联变流器具备双向转换功能,可以平衡微电网内部能量分布,使微电网运行稳定可靠,变流器结构见下图2所示。

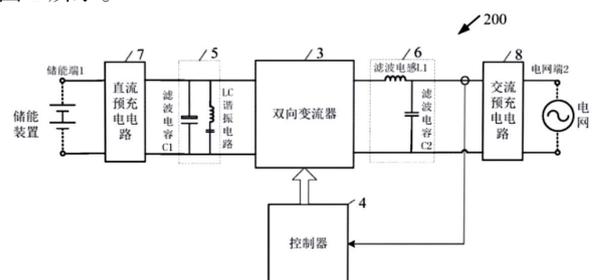


图2 变流器结构图

二、混合微电网中储能装置的作用分析

(一) 提高经济效益

从经济角度来看,微电网储能装置具有以下几个重要的作用。首先,它可以实现电力的分布式储存,缓解

电力供需压力。通过将电力储存到微电网储能装置中，可以在能源供给出现短缺或高峰时段时提供紧急的能量支持，保证电网的稳定运行。其次，微电网储能装置可以充分利用可再生能源，如太阳能和风能。这些能源的不稳定性通常会造造成能源的浪费，但是通过微电网储能装置，可以将多余的能量储存起来，在需要时进行释放^[2]。这样不仅可以提高可再生能源的利用率，而且可以减少对传统能源的依赖，降低电力成本，本文整理了蓄电池储能装置应用的具体成本与效益分析，具体见下表 1 所示：

表 1 成本与效益分析

投资估算电池价格 (元 /Wh)	2	1.5	1
电池使用循环次数	4500		
年充放次数	365		
使用年限	12		
电池充放电效率	0.94		
充放倍率	1		
电池残值率	15%		
内部收益率	8.01%	8.17%	8.35%
动态投资回收期 (年)	8.46	8.51	8.52
峰谷电价差成本 (元/kWh)	0.85	0.63	0.42

(二) 减少环境污染

从环保角度来看，微电网储能装置也起到了重要的作用。首先，储能装置的运行并不会产生污染物排放，与传统电力供应方式相比，其环境影响较小。此外，微电网储能装置可以有效消纳风电和太阳能等发电时的波动，减少对传统发电方式的需求。这不仅可以减少化石能源的消耗，还可以减少对环境的负面影响，有助于保护生态环境和减缓气候变化。

(三) 实现可持续发展

微电网储能装置为能源领域的可持续发展提供了重要的支持。首先，它可以提高能源系统的可靠性和稳定性。传统的中央供电系统容易受到自然灾害、设备故障等因素的影响而瘫痪，而微电网储能装置可以在这些情况下提供备用能源，确保电力供应的连续性。其次，微电网储能装置可以促进能源的去中心化。通过将能源储存在装置中，在尖峰时段或断电时可以实现自给自足的供电，减少对电网的依赖。这种能源自治有助于提高能源系统的稳定性和抗干扰能力。

三、混合微电网中储能方式的分析

(一) 主流储能技术及其特点

1. 蓄电池储能

蓄电池储能在电网峰值时满足负载用电，辅助无功补偿设备，抑制电压波动和闪变。特点如下：在工作中蓄电池充电器具备稳压与限压、稳流与限流功能，把电压、电流控制在合理范围。也正是因为如此，充电回路相对复杂。通常来说，蓄电池效率基本在 60%~80%之间，与蓄电池本身所使用的周期以及电化学性质有直接关系。蓄电池储能包括铅酸蓄电池、锂离子电以及其他种类电池，其中铅酸蓄电池成本低廉，使用广泛；锂离子电是一种新型高能量二次电池，具有工作电压高、

体积小且储能性能好，不会对环境造成污染，循环寿命长的优点。总结其优势主要包括高能量密度、可靠性高、循环寿命长，能够灵活应对电网需求。劣势主要表现为体积较大，容易受到环境温度影响，价格昂贵，还没有实现规模生产。

2. 超导储能

超导储能系统 (SMES) 借助超导体制成线圈，工作特点如下：是将电能转化为磁能存储，并在需要时再将其转换回电能，将能量送回电网，也可以直接给负荷供电，能量返回效率可观。相比传统的储能技术优势如下：能量的释放速度快，密度高，一般仅需几秒钟就可以完成能量传输。就超导材料使用寿命来看，就非常理想，实现了多次能量的存储和释放。由此可见，采用 SMES 提高了对电网电压、频率、有功和无功功率调节能力，具备良好的响应能力以及环保等级^[3]。起劣势主要表现为超导材料价格相对较高，投资成本规模较大。

3. 飞轮储能

飞轮储能技术借助旋转惯性实现电能储存，主要特点如下：在其结构中包括一个高速旋转飞轮以及与之连接的电动机。如电网需要额外能量的话，电动机将机械能转化为电能，从而向电网输出电力。这种机械储能方式率先在 20 世纪 50 年代提出，技术优势如下：具备电力系统调节以及峰值削平能力，响应速度快、寿命长、效率高，在应用过程中循环充放电次数不受限制，系统维护便捷，因此，飞轮储能也被应用于微电网领域^[4]。其主要的劣势表现为成本昂贵、使用受到地理限制、且存在一定的安全隐患。

(二) 储能方式选择的影响因素

在选择储能方式时，应该考虑多个因素，具体如下：

- (1) 因为不同储能技术在功率密度以及能量密度上存在显著差异，所以需要综合考虑储能系统的功率和能量需求。
- (2) 不同的储能技术在循环寿命、深度放电、充放电效率等方面有所差异，应依据具体的应用场景选择合适的储能方式。
- (3) 储能系统安全性和环保性，确保储能系统在运行过程中不会对环境和人身造成危害。
- (4) 全面考虑储能系统可靠性和灵活性，使其在各种工况下都能正常运行，灵活调节输出功率。
- (5) 要充分考虑不同储能技术对场地条件要求，依据地理条件和场地限制选择合适的储能方式。

(三) 不同储能方式的性能对比与适用场景

常见的蓄电池储能、超导储能、飞轮储能技术其性能与应用场景各不相同，具体如下表 2 所示：

表 2 性能与应用场景

储能方式	功率/MW	释放时间	效率/%	应用
蓄电池	0.015-50.000	1-5h	70-75	调峰填谷
超导储能	0.100-50.000	0.001s-5min	80-90	抑制震荡
飞轮储能	0.100-20.000	1s-30min	85-95	调峰、调频

1. 蓄电池储能

蓄电池是一种储能设备，具有特定的化学成分和结构设计，不同材质的蓄电池其性能特点也有明显的区别，适用场景也自然存在差异。如铅酸蓄电池作为一种传统

储能设备,通常被应用于低功率场景,例如家庭应急电源、UPS系统。锂离子电池具有高能量密度、重量轻特性,通常将其应用在移动电子设备、电动车等领域,适合一些对能量密度、重量要求较高的场合。典型的适用场景如5G基站+储能,国网嘉善县供电公司自2020年起启动探索“5G基站+储能”项目,平台由174座联通基站+储能用户侧构成,根据各片区用电需要进行统一调配,实现精准调度有序用电,确保全县电力供应安全稳定。通过进一步提升蓄电池充放电水平,并使其具备削峰填谷、负荷响应等服务。为微电网提供稳定、可靠且功率质量良好的能量,充分发挥了备用电源、调峰填谷、配电调度、无网运行功能。

2 超导储能

当下超导储能装置在风力发电系统和光伏发电系统都发挥了重要作用,超导储能单元具有良好的性能,增强了风力发电机组电压输出平稳性,工作频率也越来越稳定,该方案具有较好的电力传输性能,具有四象限调整功能,能够实时追踪电力参数的变化,提高系统的阻尼。在交直流混联微电网中,SMES必须与感应电源母线相连,设备有源控制器以感应发电机产生的速度偏移为控制信号,以增加有功和无功的吸收与释放。超导储能具体的应用场景有很多,如能量存储、稳定电压动态性能、稳定风力发电机、次同步谐振阻尼、联络线功率控制、黑启动能力、在可再生能源中的应用、多功能超导储能装置。具体的应用场景如甘肃白银建成首座超导变电站,具备了并入10.5kV配电网进行载荷功能,变电站内集成了一台10.5kV/1MJ/0.5MW的高温超导储能系统。

3. 飞轮储能

飞轮储能模式下,电动机可以驱动飞轮转动,并把储存的电能转换成机械能。当外界负荷需要能源时,飞轮就能驱动发电机转动,把动能转换成电能。在此过程中,需要利用功率电子器件来完成频率和电压的转换,以满足负荷的要求。飞轮储能效率高、建设周期短,具有寿命长、高储能量、无污染优势。将其应用于交直流混合微网中,在PQ控制下,保证系统稳定运行。特别是微电网孤岛运行时,能够很好的平抑分布式能源的波动,稳定输出,提高电能的质量^[5]。具体的适用场景如城际轨

道交通中应用的飞轮储能技术。城市轨道交通车站间短,列车频繁启动、制动,在运营过程中可以说是“用电大户”。列车在制动过程中会产生数量可观的能量,可达到牵引系统耗能的20%~40%左右,具有回收利用价值。飞轮储能属于物理储能,采用磁悬浮技术,飞轮转子在真空室内无风阻环境下运行。飞轮储能装置安装于轨道交通牵引变电所内,当列车进站制动时,飞轮吸收能量,将电能转换为动能,转速高达每分钟20000转;当列车出站加速时,飞轮释放能量,将动能转化为电能,释放能量供列车使用,具有极佳的节能和稳压效果。

结语:综上所述,本文围绕交直流混合微电网中储能技术进行了分析。当下随着技术的发展,储能技术发展越来越完善,且种类也越来越多样化,有效平衡能源供需之间的差异,提高系统的稳定性和可靠性。通过应用不同形式储能技术,保证交直流混合微电网在运行中实现多能互补,维持系统的频率稳定。在很大程度上增强了能源利用效率,也降低了对传统电网的依赖性,推动清洁能源的发展和智能化电力系统的建设。从而减少了对传统能源的依赖,对保护环境、增强能源系统的稳定性和抗干扰能力都有重要意义。

参考文献:

[1]许莹,陈卓,郝正航,罗婷,郑荣波.混合微电网并网切换控制技术研究[J].电网与清洁能源,2023,39(4):137-146.

[2]杨清志,蒋伟,许春雷.基于多智能体的交直流混合微电网监控设计与分层控制研究[J].高电压技术,2020,46(7):2327-2339.

[3]符杨,张智泉,李振坤,米阳.基于二阶段鲁棒博弈模型的微电网群及混合交直流配电系统协调能量管理策略研究[J].中国电机工程学报,2020,40(4):1226-1240+1413.

[4]岳应娟,凤林,蔡艳平,王旭.交直流混合微电网运行控制技术[J].科学技术与工程,2022,22(28):12242-12252.

[5]李奇,黄兰佳,邱宜彬,孙彩,傅王璇,陈维荣.含EVs的交直流混合微电网两阶段鲁棒调度优化[J].西南交通大学学报,2022,57(1):36-45.

作者简介:吉达;1995.02,本科,华东交通大学理工学院,电气工厂及其自动化专业。